

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до лабораторних робіт  
з дисципліни

**ОПАЛЕННЯ**

*(для студентів 3 курсу денної і 4 курсу заочної форм навчання за напрямом  
підготовки 6.060101 «Будівництво»,  
спеціальності «Міське будівництво і господарство»,  
спеціалізації «Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель»)*

**Харків  
ХНУМГ  
2014**

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Опалення» (для студентів 3 курсу денної і 4 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво», спеціальності «Міське будівництво і господарство», спеціалізації «Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель») / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. : В. І. Абелешов. – Х. : ХНУМГ, 2014 – 40 с.

Укладач: В. І. Абелешов

Рецензент: к.т.н., доц. кафедри теплохолодопостачання О. О. Алексахін

Методичні вказівки побудовані за вимогами кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

Затверджено на засіданні кафедри теплохолодопостачання,  
протокол № 2 від 08 жовтня 2013 р.

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
Лабораторна робота № 1. Ознайомлення з обладнанням лабораторної установки водяної двотрубною системою опалення з насосною циркуляцією теплоносія з електричним котлом в якості джерела теплоти.....	6
Лабораторна робота № 2. Підготовка та пуск в дію системи опалення.	10
Лабораторна робота № 3. Регулювання системи опалення, окремих стояків та опалювальних приладів.....	12
Лабораторна робота № 4. Визначення коефіцієнту теплопередачі опалювальних приладів.....	17
Лабораторна робота № 5. Визначення величини охолодження теплоносія, об'єму води в трубопроводах і опалювальних приладах системи опалення.....	22
Лабораторна робота № 6. Регулювання тепловіддачі опалювальних приладів за допомогою термостатичних клапанів.....	25
Лабораторна робота № 7. Визначення природного та насосного тиску теплоносія, середнього орієнтовного значення питомої втрати тиску в системі водяного опалення.....	32
Список використаних джерел.....	39

## Вступ

Загальною метою лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Опалення» є забезпечення єдиного комплексного підходу, системності й послідовності при отриманні потрібного обсягу знань і вмінь згідно з освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр» з відповідної спеціальності; закріплення теоретичних знань з навчальної дисципліни; набуття практичних умінь і навичок із використання цих знань у галузі опалювальної техніки; оволодіння сучасними методами проектування, монтажу та технічної експлуатації систем опалення; формування професійних умінь і навичок для прийняття самостійних рішень під час конкретної роботи в реальних умовах, виховання потреби системного оновлення своїх знань і їхнього творчого застосування на практиці.

### *Порядок виконання лабораторних робіт*

Лабораторні роботи виконує група студентів у кількості 5 – 6 чоловік.

Студенти самостійно знайомляться з даними методичними вказівками до лабораторних робіт.

Перевіривши стан і справність лабораторної установки, студенти повідомляють про це викладачу і, одержавши дозвіл до проведення лабораторних робіт, приступають до їх виконання.

Після виконання заданої кількості вимірювань, студенти приводять лабораторну установку до початкового стану.

### *Оформлення та захист лабораторних робіт*

Звіт про виконання лабораторних робіт, результати проведених досліджень і дані вимірювань повинні бути оформлені письмово в спеціальному зошиті та представлені викладачу.

У звіті слід вказати мету, основні етапи виконання лабораторної роботи, надати необхідні розрахунки, заповнити таблиці, написати висновок.

Захист лабораторної роботи – відповіді на запитання за її змістом.

Опис та принципова схема лабораторної установки водяної двотрубною системи опалення з насосною циркуляцією теплоносія з електричним котлом в якості джерела теплоти наведені на рис. 1.

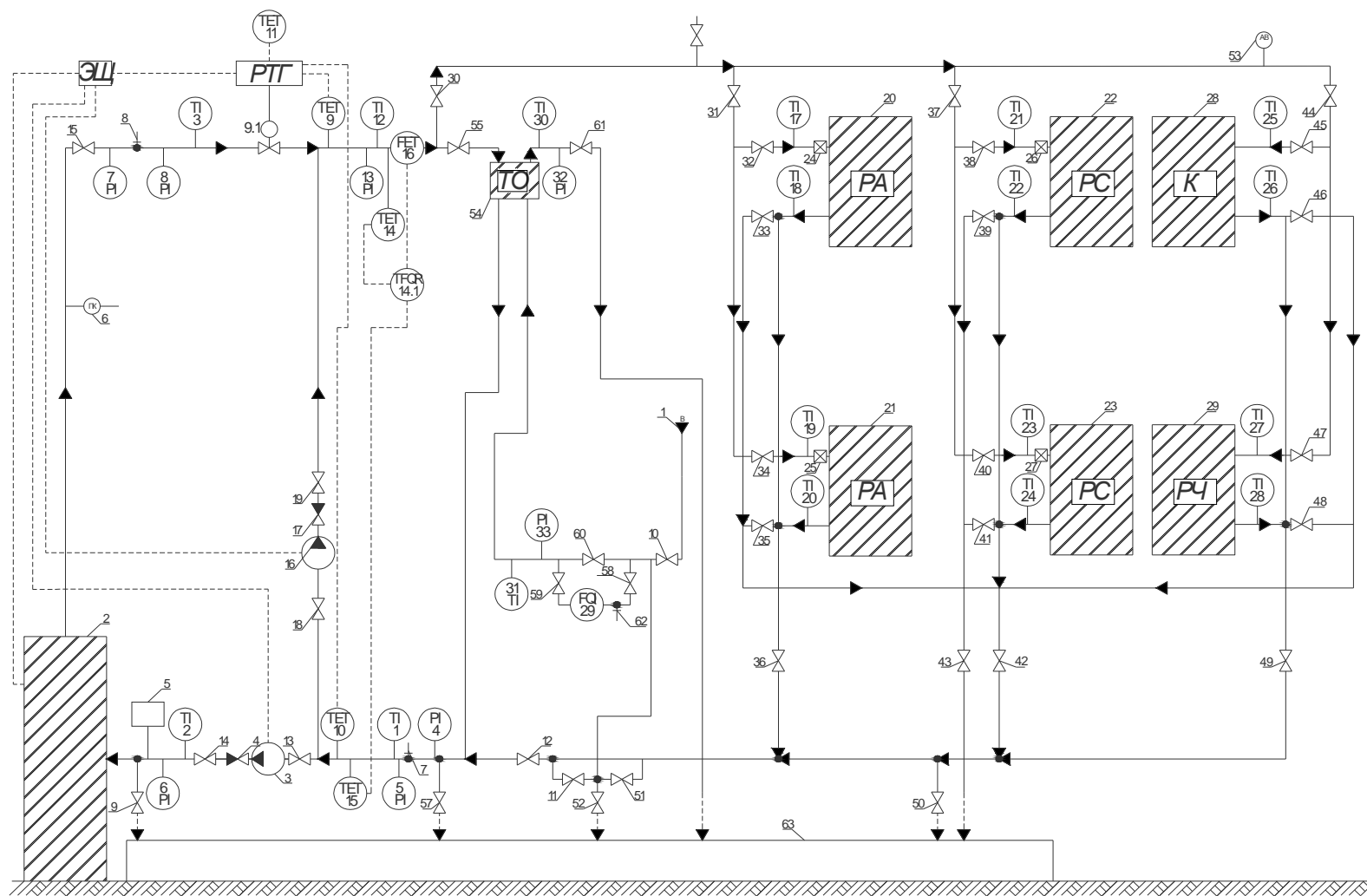


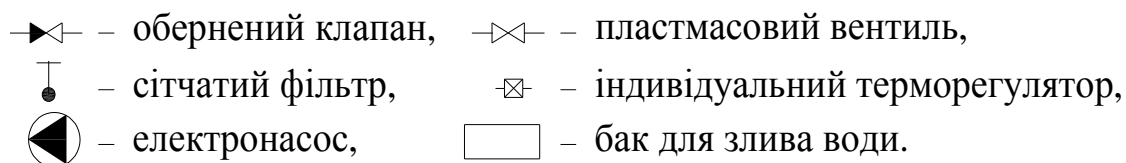
Рис. 1 – Опис та принципова схема лабораторної установки водяної двотрубної системи опалення з насосною циркуляцією теплоносія з електричним котлом в якості джерела теплоти

## **Лабораторна робота № 1. Ознайомлення з обладнанням лабораторної установки водяної двотрубною системою опалення з насосною циркуляцією теплоносія з електричним котлом в якості джерела теплоти**

Метою даної роботи є ознайомлення з обладнанням лабораторної установки водяної двотрубною системою опалення з насосною циркуляцією теплоносія з електричним котлом в якості джерела теплоти, ознайомлення з технічними характеристиками, улаштуванням та принципом роботи, технікою безпеки при експлуатації, вимогами до встановлення, підключення й експлуатації електричних котлів для систем водяного опалення ЕКО.

До складу лабораторної установки входять: ЕЩ – електричний щит (джерело електроенергії напругою живлення 220 В, частотою електричного струму 50 Гц); 1 – трубопровід системи холодного водопостачання; 2 – електрокотел типу ЕКО для систем водяного опалення потужністю 4 кВт із блоком електронагрівачів (ТЕНів) напругою живлення 220 В, частотою електричного струму 50 Гц; 3 – циркуляційний електронасос типу Wilo RS 25/6 напругою живлення 220 В, частотою електричного струму 50 Гц; 4, 17 – обернений клапан; 5 – компресійний закритий розширювальний бак; 6 – запобіжний клапан; 7, 8, 62 – фільтр сітчатий; 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 55, 57, 58, 59, 60, 61 – вентилі; 16 – змішувальний електронасос типу Wilo RS 25/6 напругою живлення 220 В, частотою електричного струму 50 Гц; 20 – радіатор секційний алюмінієвий; 21 – радіатор секційний алюмінієвий; 22 – радіатор панельний сталевий; 23 – радіатор панельний сталевий; 24, 25, 26, 27 – індивідуальні терморегулятори опалювальних приладів; 28 – конвектор без кожуха типу «Акорд» однорядний кінцевий; 29 – радіатор секційний чавунний двохколончастий середній з поверхнею нагріву 1 секції 0,2 м<sup>2</sup>; 53 – автоматичний повітровідвідник; 54 – пластинчатий теплообмінник типу СВ-14 20Н; 63 – бак для зливання води; ТІ 1, ТІ 2, ТІ 3, ТІ 12, ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28, ТІ 30, ТІ 31 – термометри показуючі манометричні рідинонаповнені типу Watts зі шкалою 0 – 120°C; РІ 4, РІ 5, РІ 6, РІ 7, РІ 8, РІ 13, РІ 32, РІ 33 – манометри показуючі деформаційні трубчаті типу МТП-100; ТЕТ 14, ТЕТ 15, ТЕТ 16 – лічильник теплової енергії типу SUPERCAL 539 в комплекті; FCI 29 – лічильник холодної води крильчастий типу KB-1,5 (максимальний тиск води – 1 МПа); РТГ – мікропроцесорний контролер (МПК) типу РТГ-32 в комплекті напругою живлення 220 В, частотою 50 Гц.

Умовні позначення на рис. 1:



*Технічні характеристики ЕКО.* ЕКО призначений для використання у якості генератора теплоти в системах водяного опалення з природною або примусовою циркуляцією теплоносія за роботи при однофазному (220 В) або трифазному (380 В) включенні до електромережі змінного струму частотою 50 Гц. ЕКО встановлюють у сухих незапилених приміщеннях з температурою повітря  $+10^{\circ}\text{C}$  –  $+35^{\circ}\text{C}$  з граничним значенням відносної вологості 60% за температури  $20^{\circ}\text{C}$ . ЕКО не встановлюють у запилених, вибухонебезпечних і пожежонебезпечних приміщеннях.

Максимальний робочий тиск усередині баку ЕКО та в системі опалення становить 0,45 МПа, а максимальний допустимий тиск – 0,6 МПа. Регулювання температури теплоносія складає  $35 - 90^{\circ}\text{C}$ . Максимальна робоча температура нагрівання води  $90^{\circ}\text{C}$ , а максимальна температура нагрівання води за аварійного режиму роботи –  $95^{\circ}\text{C}$ .

*Улаштування та принцип роботи ЕКО.* Основними елементами ЕКО є: герметичний внутрішній сталевий бак з встановленим блоком трубчастих електронагрівачів (ТЕНів), які компактно змонтовані й електрично ізольовані від бака та навколишнього середовища та безпечні для користувача; нижній патрубок бака для приєднання до зворотної магістралі системи водяного опалення; верхній патрубок бака для приєднання до подавальної магістралі системи водяного опалення; панель управління; верхня кришка; отвори для введення кабелю живлення та кабелю насоса; теплоізоляція усередині металевих кожуха бака; передня панель; зовнішній сталевий кожух; блок автоматики й управління; захисні автоматичні вимикачі; елемент бака для приєднання терморегулятора і термометра.

Нагрівання води здійснюється за рахунок теплового контакту з блоками нагрівачів. Елементи управління, контролю й індикації розташовані на передній панелі управління: клавіша «МЕРЕЖА»; клавіша «1 СТУПІНЬ»; клавіша «2 СТУПІНЬ»; блок захисних автоматичних вимикачів; термометр; індикатор «КОНТРОЛЬ МЕРЕЖІ»; індикатор «ПЕРЕГРІВ»; індикатор «НЕМАЄ ВОДИ»; індикатор «НЕМАЄ ЗАЗЕМЛЕННЯ»; терморегулятор; клавіша «НАСОС»; електронний програмований терморегулятор (термометр).

З панелі управління виконуються: ручне встановлення потужності нагрівача клавішами «1 ступінь», «2 ступінь»; встановлення температури нагрівання теплоносія терморегулятором; індикація температури нагрівання води, що показує динаміку зміни температури теплоносія усередині бака. Залежно від варіанту комплектації автоматикою блок автоматичного захисту ЕКО відключає нагрівальні елементи та видає застережливий світловий сигнал у випадках відсутності або пониження рівня теплоносія, перевищення допустимої температури, обриву в ланцюзі заземлення (виникнення на корпусі потенціалу, небезпечного для життя людини).

ЕКО потужністю 4 – 15 кВт рекомендується експлуатувати з насосами для примусової циркуляції теплоносія, що сприяє швидкому і рівномірному розігріванню системи опалення, запобіганню втраті потужності ЕКО (до 30%) на подолання опору циркуляції теплоносія, економії електроенергії за рахунок зниження інертності системи.

*Техніка безпеки при експлуатації ЕКО.* Категорично забороняється: включати ЕКО в електромережу без наявності води або із знятою верхньою кришкою і панеллю управління; використовувати у якості заземлення водопровідну, каналізаційну або газову мережу, заземлення громовідводів, нульовий провідник; вносити зміни в електричний монтаж або конструкцію ЕКО; включати ЕКО у разі замерзання води у внутрішньому баку та системі опалення; проводити ремонтні роботи при включенні в електричну мережу або при заповненому водою ЕКО; проводити регулювальні роботи, видалення пилу або забруднень з поверхонь при включеному в електричну мережу ЕКО.

*Заходи пожежної безпеки:* не встановлювати ЕКО в безпосередній близькості від легкозаймистих, вибухових, поширюючих вогонь речовин, у приміщенні, в якому встановлений ЕКО, забороняється складувати горючі матеріали (дерево, гуму, папір, бензин, солярку та ін.); дроти для підключення ЕКО до електромережі застосовувати тільки необхідного перетину; застосовувати тільки стандартизовані, справні комутуючі прилади та роз'єми; автоматичний вимикач повинен знаходитися в доступному місці (для швидкого відключення ЕКО від електромережі) і забезпечувати відключення всіх полюсів.

При тривалій перерві в роботі ЕКО його необхідно відключити від електричної мережі. Перед проведенням будь-яких робіт з технічного обслуговування та ремонту ЕКО слід відключити від електромережі розмикаючим пристроєм, що роз'єднує усі полюси.

При загорянні електроустаткування або електропроводки слід негайно відключити електроживлення і здійснювати гасіння тільки піском або углекислотними вогнегасниками. Гасіння електроустаткування і електропроводки, що знаходиться під напругою, пінними вогнегасниками і водою категорично забороняється для уникнення поразки електрострумом.

*Вимоги до встановлення та підключення ЕКО.* Відстань від ЕКО до стін приміщення або до іншого устаткування повинна забезпечувати вільний доступ до всіх елементів. ЕКО встановлюється вертикально на рівну поверхню, що незгорає. В першу чергу здійснюється підключення ЕКО до системи опалення, в другу – до системи електропостачання.

*Підключення ЕКО до системи опалення.* Підлоговий ЕКО встановлюють в самій нижній точці системи опалення, оскільки розташування центру нагріву нижче за центри опалювальних приладів забезпечує необхідну різницю тиску в системі для природної циркуляції теплоносія.

При використанні розширювального бака мембранного (закритого) типа у верхній точці системи опалення для видалення повітря з системи повинен бути встановлений автоматичний відвідник повітря. Видалення повітря з системи опалення необхідне для запобігання інтенсивній корозії внутрішніх поверхонь системи, а також для запобігання утворенню повітряних пробок, які перешкоджають нормальній циркуляції теплоносія.

Системи опалення з розширювальним баком закритого типа обов'язково повинні бути обладнані запобіжним клапаном, що спрацьовує при надмірному тиску 0,3 МПа. Запобіжний клапан служить для зниження надмірного тиску в системі опалення після первинного розігрівання та в аварійних ситуаціях. Один



раз у рік рекомендується перевіряти його працездатність методом ручного зливання невеликої кількості води. Цей захід так само дозволить уникнути «замулювання» клапана та засмічення його іржею, окалиною та іншими зваженими частинками, що знаходяться в опалювальній системі.

Системи водяного опалення, обладнані насосом для примусової циркуляції теплоносія, допускається виконувати без ухилу горизонтальних гілок контура. У системах опалення з примусовою циркуляцією перед насосом повинен бути встановлений фільтр для очищення теплоносія, що поступає в насос. Інакше, унаслідок засмічення деталей насоса, може відбутися раптова його зупинка і припинення циркуляції теплоносія, що в свою чергу може привести до надмірного підвищення температури теплоносія в баку нагрівача (із-за великої теплової інерції ТЕНів) і виходу нагрівача з ладу. Після заповнення системи теплоносієм необхідно переконатися у відсутності негерметичних з'єднань.

*Підключення до електромережі.* Перед підключенням слід перевірити відповідність даних ЕКО параметрам електромережі, переконавшись, що перетин електропроводки розрахований на відповідну потужність котла. Для підключення ЕКО від електролічильника або ввідного розподільного щита повинна бути прокладена окрема лінія відповідного перетину зі встановленим на ній розмикаючим пристроєм, що забезпечує роз'єднання всіх полюсів. Електричний кабель від циркуляційного насоса слід завести через відповідний отвір в корпус ЕКО і підключити до колодки «насос». Перетин даного роз'єму дозволяє підключити насос потужністю до 250 Вт.

*Експлуатація ЕКО.* Дотримання рекомендованих режимів експлуатації ЕКО є умовою довготривалої та безвідмовної роботи системи водяного опалення. Перед включенням ЕКО в електричну мережу слід переконавшись в наявності теплоносія в системі опалення та в баку ЕКО, відсутності повітряних пробок, чистоті фільтру насоса. Включення ЕКО без теплоносія може призвести до виходу з ладу нагрівальних елементів. Перевірити відкриття вентилів 13, 14, 15, 55. Перед початком роботи усі клавішні вимикачі й автомати встановити в положення «викл», а ручку терморегулятора повернути проти годинникової стрілки до упору. Включити зовнішній автоматичний вимикач (роз'єднуючий пристрій) в наявному розподільному щиті. Включити клавішу «мережа» (усі клавіші мають підсвічування у включеному стані). Включити клавішу «насос». Включити «нагрів» клавішею «1 ступінь» і (або) «2 ступінь». Ручку терморегулятора повернути за годинниковою стрілкою до упору. ЕКО почне первинне розігрівання системи опалення, при цьому включиться підсвічування клавіш ступенів нагріву. За досягнення необхідної температури в опалювальному приміщенні ручку терморегулятора поволі повернути проти годинникової стрілки до відключення «нагріву» (підсвічування клавіш ступенів вимкнеться). Надалі ЕКО автоматично підтримуватиме температуру теплоносія в системі в межах диференціала терморегулятора (заводська настройка). Для зменшення температури теплоносія в системі опалення і, відповідно, в опалювальних приміщеннях повернути ручку терморегулятора проти годинникової стрілки, для збільшення – за

годинниковою стрілкою. Контроль температури теплоносія в баку ЕКО здійснюють візуально за свідченнями термометра.

Включення нагріву блокується у випадках: підвищення температури теплоносія вище за 95°C; відсутності теплоносія в баку ЕКО або пониженні його рівня (спалахує індикація «немає води»); появи небезпечного електричного потенціалу на корпусі ЕКО (спалахує індикація «немає – »).

Порядок виключення ЕКО: 1) повернути ручку терморегулятора проти годинникової стрілки до упору (не докладати великих зусиль при обертанні ручки терморегулятора для уникнення його поломки); 2) вимкнути клавіші ступенів потужності; 3) через 5 – 10 хвилин вимкнути клавішу «насос» для запобігання перегріву теплоносія в баку ЕКО із-за теплової інерційності ТЕНа; 4) вимкнути клавішу «мережа».

## **Лабораторна робота № 2. Підготовка та пуск в дію системи опалення**

Метою даної роботи є ознайомлення з процесами підготовки до пуску та промивання системи водяного опалення, визначення обсягу води, необхідного для промивання системи; набуття практичних навичок з пуску в дію водяної двотрубною системи опалення з насосною циркуляцією теплоносія з електричним котлом в якості джерела теплоти.

Основними заходами з технічної експлуатації систем водяного опалення після їх приймання в експлуатацію по закінченні монтажу, ремонту, реконструкції або зупинки є підготовка до пуску, пуск в дію, регулювання.

Підготовка систем водяного опалення до пуску включає зовнішній огляд обладнання, промивання та гідравлічне випробування системи.

За результатами зовнішнього огляду обладнання системи опалення встановлюють: відповідність проектним вимогам діаметрів, ухилів, забарвлення, теплоізоляції та прокладання трубопроводів, типу та кількості опалювальних приладів; правильність встановлення та справність опалювальних приладів, запірно-регулюючої арматури, фільтрів, грязьовиків, насосів, елеваторів, контрольно-вимірювальних приладів та іншого обладнання.

*Промивання системи водяного опалення.* Ефективним способом очищення систем водяного опалення від бруду та відкладень є періодичне їх промивання, яке здійснюють відразу після закінчення опалювального періоду, коли відкладення знаходяться ще в рихлому стані та легко видаляються. Промивання систем водяного опалення в період підготовки будівель до опалювального періоду здійснюють, як правило, гідравлічним, гідропневматичним або хімічним способами водою з теплової мережі з температурою не більш 75°C. За щорічного гідравлічного промивання систему опалення заповнюють водою, а потім швидко випускають усю воду через трубу більшого діаметру, яка тимчасово приєднана до найнижчої точки системи у напрямі зворотного руху теплоносія за роботи системи опалення. Таке наповнення та спорожнення системи опалення водою повторюють 2 – 3 рази. За необхідності промивання здійснюють за окремими стояками або групами стояків системи водяного опалення. Після промивання система опалення

відразу повинна бути заповнена водою з теплової мережі, яку видаляють тільки у разі крайньої необхідності (аварії, ремонту).

Для наповнення системи опалення водою з трубопроводу системи холодного водопостачання слід повністю відкрити вентилі 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51 та повністю закрити вентилі 9, 43, 50, 52, 55, 57, 58, 60.

Систему опалення рахують заповненою водою у разі повного видалення повітря з автоматичного відвідника повітря у верхній точці системи опалення.

Для видалення води з системи опалення слід повністю відкрити вентилі 50, 52, 57 та повністю закрити вентиль 10.

Видалену з системи опалення воду зливають у мірний бак, визначають обсяг води, витрачений на промивання системи. З мірного баку воду потім зливають у систему побутової каналізації. Таке наповнення та спорожнення системи опалення водою повторюють 3 рази. Обсяг води, витрачений на промивання системи опалення, визначити наприкінці кожного промивання.

Заповнити таблицю 1, виконати необхідні розрахунки і написати висновок з визначення обсягу води, витраченої на промивання системи опалення.

Таблиця 1 – Визначення обсягу води,  
витраченої на промивання системи опалення

№ промивання	Початкове значення обсягу води у мірному баку, м <sup>3</sup>	Кінцеве значення обсягу води у мірному баку, м <sup>3</sup>	Обсяг води, витраченої на промивання системи опалення, м <sup>3</sup>
1			
2			
3			
			Σ =

Пуск в дію систем водяного опалення можливий тільки після їх промивання, опресовування, перевірки якості проведених робіт, стану контрольно-вимірювальної апаратури, автоматичних пристроїв і наявності документації на систему й її обладнання (паспортів, актів промивання та гідравлічних випробувань, робочих схем, інструкцій і характеристик).

Пуск в дію систем водяного опалення будівель з підключенням до теплових мереж здійснюють згідно графіка, затвердженого головним інженером експлуатаційної організації, і дозволом диспетчера організації, що постачає теплоту.

Перед підключенням системи опалення відключають систему гарячого водопостачання, замінюють воду в системі опалення із зливом її до каналізації методом витіснення водою з мережі.

Заповнення систем опалення водою здійснюють через зворотну лінію з випусканням повітря з повітрозбірників і (або) опалювальних приладів. Тиск, під яким подається вода до трубопроводів системи опалення, не повинен перевищувати статичний тиск даної системи більш ніж на 0,05 МПа (0,5 кгс/см<sup>2</sup>) і бути гранично допустимим для опалювальних приладів. Під час

заповнення системи опалення водою необхідно здійснювати постійне спостереження за повітрозбірниками та відхідниками повітря.

Пуск в дію системи опалення є відповідальним заходом, тому його здійснює в суворій відповідності до графіку бригада (команда) слюсарів служби експлуатації, розбита на пари, кожна з яких виконує операції по пуску системи на 3 – 4 стояках. У момент наповнення системи всі повітрозбірники у верхніх точках системи опалення повинні бути відкриті. Якщо в зворотному трубопроводі тиск вище за можливий гідростатичний тиск в системі опалення, наповнення системи здійснюють плавним відкриттям засувки на зворотному трубопроводі таким чином, щоб тиск знизився не більше ніж на 0,03 – 0,5 МПа. Якщо на зворотному трубопроводі встановлений лічильник води, то систему наповнюють по обвідному трубопроводу, а при його відсутності лічильник води знімають і на його місце встановлюють патрубок з фланцем.

Основними етапами пуску в дію водяної двотрубною системи опалення з насосною циркуляцією теплоносія з електричним котлом в якості джерела теплоти є наступні.

Відключити систему гарячого водопостачання шляхом закриття вентилів 55, 58, 59, 60, 61.

Замінити воду в системі опалення із зливом її до каналізації методом витіснення водою з трубопроводу системи холодного водопостачання.

Заповнення системи опалення водою здійснюють через зворотну лінію з випусканням повітря з повітрозбірників опалювальних приладів.

З цією метою повністю відкрити вентиля 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51 та повністю закрити вентиля 9, 43, 50, 52, 57.

Систему опалення вважають заповненою водою у разі повного видалення повітря з автоматичного відвідника повітря 53 у верхній точці системи опалення.

Слід також видалити повітря з опалювальних приладів 20, 21, 22, 23, 28, 29 шляхом відкриття їх відхідників повітря.

Після заповнення системи опалення водою закрити вентиль 10.

### **Лабораторна робота № 3. Регулювання системи опалення, окремих стояків та опалювальних приладів**

Метою даної роботи є набуття практичних навичок з регулювання водяної двотрубною системи опалення з насосною циркуляцією теплоносія з електричним котлом в якості джерела теплоти, окремих стояків та опалювальних приладів.

Системи водяного опалення регулюють для забезпечення розрахункових значень температур у приміщеннях. Для цього вимірюють температуру поверхонь опалювальних приладів за допомогою термоелектричних термометрів – термічних щупів (термопар).

Регулювання тепловіддачі систем опалення здійснюють 2 способами: 1) якісним регулюванням, тобто зміною параметрів теплоносія (температури або тиску); 2) кількісним регулюванням, тобто зміною кількості теплоносія.

Якісне регулювання систем водяного опалення здійснюють централізовано на джерелі теплоти, а кількісне – безпосередньо на системі опалення.

Регулювання системи водяного опалення починають з визначення витрат теплоносія за лічильниками води чи теплоти.

Значення температури води у подавальному трубопроводі теплової мережі (котла) на вході у елеваторний вузол (насос), у зворотному трубопроводі теплової мережі (котла) й у подавальному трубопроводі системи опалення після елеватора (насоса) вимірюють термометрами, опущеними в гільзи, покази здійснюють через 8 хвилин після опускання термометра в гільзу.

Недостатня тепловіддача опалювальних приладів може бути наслідком теплового горизонтального та вертикального разрегулювання системи опалення.

Унаслідок того, що системи опалення, як правило, регулюють не за розрахункової зовнішньої температури, а при порівняно високих зовнішніх температурах влітку або на початку опалювального сезону, то в системі опалення виникають: 1) горизонтальне разрегулювання (визначається нерівномірністю тепловіддачі опалювальних приладів одного поверху); 2) вертикальне разрегулювання (визначається невідповідністю тепловіддачі опалювальних приладів різних поверхів необхідним значенням).

Двотрубні системи водяного опалення, як правило, застосовують за насосної циркуляції теплоносія; вони характеризуються надходженням в опалювальні прилади теплоносія з однаковою температурою незалежно від місця їх розташування за умови, що система правильно спроектована та відрегульована. В цьому випадку теплоносій у всіх опалювальних приладах охолоджується на одну і ту ж величину, а температура води, що надходить до зворотних стояків від приладів, є однаковою.

Недоліком двотрубних систем опалення з насосною циркуляцією є вплив природного тиску, який виникає унаслідок різної щільності води в подавальному та зворотному трубопроводах.

Вертикальне разрегулювання двотрубних систем водяного опалення з постійною витратою теплоносія виникає унаслідок неоднакової зміни природного тиску в опалювальних приладах різних поверхів за зміни зовнішньої температури повітря. У двотрубних системах опалення значний вплив на недостатню тепловіддачу опалювальних приладів має вертикальне

разрегулювання, що відбувається унаслідок природної циркуляції. Чим вище розташований опалювальний прилад, тим більшим є природний тиск, якщо це не враховувати, то відбуватиметься вертикальне разрегулювання системи водяного опалення. Із зниженням температури зовнішнього повітря та збільшенням температури теплоносія ця циркуляція посилюється, але не однаково для опалювальних приладів різних поверхів. Це збільшення буде максимальним для опалювальних приладів верхніх поверхів, в яких теплоносій починає надходити в більшій кількості, ніж потрібно за розрахунком. В опалювальні прилади на нижніх поверхах при цьому надходить недостатня кількість теплоносія і тепловіддача приладів знижуватиметься.

Основними способами зниження вертикального разрегулювання є: 1) регулювання системи опалення за середньої температури теплоносія в опалювальний період 50 – 60°C, що забезпечує ефективну роботу опалювальних приладів на всіх поверхах за цієї температури води та знижує приблизно в 2 рази разрегулювання за максимальної та мінімальної температури теплоносія в системі опалення; 2) погашення природного тиску за допомогою встановлених на стояках вентилів (дросельних шайб).

При перегріванні верхніх і недогріванні нижніх поверхів вентиль (дросельну шайбу) встановлюють на зворотному стояку між опалювальними приладами, що перегріваються і недогріваються.

Після завершення наладки в тепловому вузлі здійснюють налагодження окремих стояків системи опалення. Експлуатаційний персонал протягом перших днів опалювального сезону повинен перевірити та провести необхідний розподіл теплоносія за системами опалення, зокрема за окремими стояками. Розподіл теплоносія здійснюють за температурами зворотної води, за даними проектної або налагоджувальної організації. У тупикових системах опалення регулювання проводять вентилями або дросельними шайбами, встановленими на стояках. Якщо на стояках є тільки вентиля, то спочатку проводять попереднє регулювання виходячи з правила: чим ближче розташований до введення стояк, тим більше він повинен бути прикритий, так щоб на найближчому стояку вентиль пропускав мінімальну кількість води, а на найдальшому стояку вентиль повинен бути повністю відкритий. Після попереднього регулювання перевіряють нагрівання кожного стояка та приступають послідовно до регулювання стояків, починаючи з найбільш віддаленого стояка та закінчуючи самим ближнім до введення стояком. Якщо на стояках встановлені дросельні шайби, то розподіл води за стояками перевіряють за розрахунковим перепадом температур для системи опалення.

Як правило, при розрахунку системи опалення прагнуть до ув'язки гідравлічних кілець таким чином, щоб їх гідравлічний опір був приблизно

однаковим. Крім того, конструктивно прагнуть виконати окремі циркуляційні кільця приблизно однакової довжини. Проте в деяких випадках цього зробити не вдається, тоді проводять регулювання гідравлічних кілець за допомогою вентилів на стояках, збільшуючи ступінь їх закриття в напрямі від найбільш віддаленого стояка до першого за ходом теплоносія. Таке регулювання виконують також за допомогою дросельних шайб, встановлених на стояках. Регулювання за допомогою вентилів на стояках проводять і у випадку, якщо окремі стояки недоотримують теплоти, а інші перегріваються.

У двотрубній системі з верхньою розводкою і попутним рухом води, де довжина всіх циркуляційних кілець приблизно однакова, різниця в прогріванні опалювальних приладів може бути викликана тільки додатковим природним тиском, що виникає у опалювальних приладів верхніх поверхів.

Для цього при наладці прикривають вентиля у опалювальних приладів верхніх поверхів, при цьому ступінь прикриття вентилів у опалювальних приладів одного поверху має бути однаковою, оскільки всі стояки знаходяться в рівних умовах. Після цього остаточно регулюють тепловіддачу опалювальних приладів.

Етапи виконання лабораторної роботи з регулювання системи опалення, окремих стояків та опалювальних приладів наступні.

1. Виміряти температуру теплоносія у подавальному трубопроводі на виході з електричного котла за допомогою термометра ТІ 3.

Виміряти температуру теплоносія у подавальному трубопроводі системи опалення після змішувального насоса за допомогою термометра ТІ 12.

Виміряти температуру теплоносія у зворотному трубопроводі системи опалення перед електричним котлом за допомогою термометра ТІ 2.

2. Виміряти температури теплоносія на вході та виході з опалювальних приладів 20, 21, 22, 23, 28, 29 за допомогою відповідних пар термометрів ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28.

3. Шляхом відкриття та прикриття вентилів 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48 досягти однакового значення температур на вході та виході з опалювальних приладів 20, 21, 22, 23, 28, 29 за показами відповідних пар термометрів ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28.

4. Відключити від системи опалення опалювальний прилад 20 за допомогою вентилів 32, 33.

Визначити температури теплоносія за показами термометрів ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28.

5. Відключити від системи опалення опалювальний прилад 21 за допомогою вентилів 34, 35.

Визначити температури теплоносія за показами термометрів ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28.

6. Відключити від системи опалення опалювальний прилад 22 за допомогою вентилів 38, 39.

Визначити температури теплоносія за показами термометрів ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28.

7. Відключити від системи опалення опалювальний прилад 23 за допомогою вентилів 40, 41.

Визначити температури теплоносія за показами термометрів ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28.

8. Відключити від системи опалення опалювальний прилад 28 за допомогою вентилів 45, 46.

Визначити температури теплоносія за показами термометрів ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28.

9. Відключити від системи опалення опалювальний прилад 29 за допомогою вентилів 47, 48.

Визначити температури теплоносія за показами термометрів ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28.

10. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 20 і 21 за допомогою вентилів 32, 33, 34, 35.

Визначити температури теплоносія за показами термометрів ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28.

11. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 22 і 23 за допомогою вентилів 38, 39, 40, 41.

Визначити температури теплоносія за показами термометрів ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28.

12. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 28 і 29 за допомогою вентилів 45, 46, 47, 48.

Визначити температури теплоносія за показами термометрів ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28.

13. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 20 і 21, 22 і 23 за допомогою вентилів 32, 33, 34, 35, 38, 39, 40, 41.

Визначити температури теплоносія за показами термометрів ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28.

14. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 20 і 21, 28 і 29 за допомогою вентилів 32, 33, 34, 35, 45, 46, 47, 48.

Визначити температури теплоносія за показами термометрів ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28.



15. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 22 і 23, 28 і 29 за допомогою вентилів 38, 39, 40, 41, 45, 46, 47, 48.

Визначити температури теплоносія за показами термометрів ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28.

16. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 20, 22, 28 за допомогою вентилів 32, 33, 38, 39, 45, 46.

Визначити температури теплоносія за показами термометрів ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28.

17. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 21, 23, 29 за допомогою вентилів 34, 35, 40, 41, 47, 48.

Визначити температури теплоносія за показами термометрів ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28.

За результатами регулювання системи опалення, окремих стояків та опалювальних приладів заповнити таблицю 2.

Таблиця 2 – Визначення температур при регулюванні системи опалення, окремих стояків та опалювальних приладів

№ події	Температури теплоносія за показами термометрів, °C														
	ТІ 3	ТІ 2	ТІ 12	ТІ 17	ТІ 18	ТІ 19	ТІ 20	ТІ 21	ТІ 22	ТІ 23	ТІ 24	ТІ 25	ТІ 26	ТІ 27	ТІ 28
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															

#### Лабораторна робота № 4. Визначення коефіцієнту теплопередачі опалювальних приладів

Метою даної роботи є вивчення теплотехнічних характеристик опалювальних приладів, визначення температурного напору опалювальних приладів, експериментальне визначення їх коефіцієнту теплопередачі.

Інтенсивність теплового потоку від води через стінку опалювального приладу до приміщення характеризують коефіцієнтом теплопередачі  $k_{\text{ІПР}}$ .

Коефіцієнт теплопередачі опалювального приладу  $k_{\text{ПР}}$ , Вт/(м<sup>2</sup>•°С) дорівнює величині, зворотній опору теплопередачі  $R_{\text{ПР}}$  від теплоносія через стінку приладу до приміщення. Він означає кількість теплоти (Вт), що передається протягом години через одиницю площі (м<sup>2</sup>) зовнішньої поверхні опалювального приладу до приміщення, віднесеного до різниці температур (°С) теплоносія та повітря, розділених стінкою (щільність теплового потоку на зовнішній поверхні стінки). Коефіцієнт теплопередачі опалювального приладу є величиною, що характеризує його теплотехнічні якості та надає можливості правильного розрахунку необхідної площі нагрівальної поверхні для заданих конкретних умов. Значення коефіцієнта теплопередачі  $k_{\text{ПР}}$  змінюється залежно від конструктивних особливостей опалювального приладу. Коефіцієнт теплопередачі опалювального приладу, як правило, визначають дослідним шляхом.

На практиці для спрощення розрахунків площу опалювального приладу визначають із урахуванням усіх факторів через щільність теплового потоку. Для цього використовують так звану номінальну щільність теплового потоку  $q_m$ , Вт/м<sup>2</sup>, яку отримують шляхом теплових випробувань опалювального приладу для стандартних умов роботи в системі водяного опалення, коли температурний напір  $\Theta_P = 70^\circ\text{C}$ , витрата води у приладі 360 кг/годину, атмосферний тиск 101,3 кПа.

Важливим показником, що визначає температуру опалювального приладу в умовах експлуатації, є температурний напір  $\Theta_P$ , який відбиває різницю середньої температури приладу (середню температуру теплоносія в приладі)  $t_{\text{ср}}$  і температури повітря у приміщенні  $t_{\text{ВН}}$ , де встановлено опалювальний прилад. У загальному випадку середню температуру опалювального приладу можна відобразити через температури води на вході і виході з нього. Температура води на вході і виході з опалювального приладу, отже, і середня температура, значною мірою залежать від виду систем опалення, способів установлення опалювального приладу і його приєднання до трубопроводу. Тобто  $\Theta_P = t_{\text{ср}} - t_{\text{ВН}} = 0,5 \cdot (t_{\text{ВХ}} + t_{\text{ВИХ}}) - t_{\text{ВН}}$ , де  $t_{\text{ВХ}}$ ,  $t_{\text{ВИХ}}$  – температури води на вході й виході з опалювального приладу,  $t_{\text{ВН}}$  – температура внутрішнього повітря, °С.

Коефіцієнт теплопередачі опалювального приладу визначають встановленням витрати теплоносія через нього. Орієнтовно величину цієї витрати теплоносія  $G$ , кг/годину, визначають за формулою:

$$G = Q_T / (c \cdot (t_{\text{ВХ}} - t_{\text{ВИХ}})) = A_{\text{ПР}} \cdot q_m / (c \cdot (t_{\text{ВХ}} - t_{\text{ВИХ}})),$$

де  $Q_T$  – тепловий потік від теплоносія, Вт;  $c$  – питома теплоємність води, що дорівнює 4,187 Дж/(кг•°С);  $t_{\text{ВХ}}$ ,  $t_{\text{ВИХ}}$  – температури води на вході й виході з опалювального приладу, °С;  $A_{\text{ПР}}$  – дійсна площа нагрівальної поверхні опалювального приладу, м<sup>2</sup>;  $q_m$  – номінальна щільність теплового потоку опалювального приладу, Вт/м<sup>2</sup>.

Вирішальним фактором при спостереженні є вірне визначення витрати теплоносія при збереженні постійних теплового та гідравлічного режимів опалювальних приладів. Встановлення сталих витрати теплоносія через опалювальний прилад, температури води на вході й виході з опалювального

приладу свідчить про стабілізацію процесу теплопередачі від теплоносія до повітря приміщення через стінки опалювального приладу. Сталість температури води на вході й виході з опалювального приладу свідчить не тільки про постійність витрати теплоносія через опалювальний прилад, а про те, що вона є такою і за нормальної роботи приладу. Це надає можливість приступити до експериментальних визначень коефіцієнту теплопередачі опалювальних приладів.

$$Q_T = G \cdot c \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}}); Q_T = A_{\text{ПР}} \cdot k_{\text{ПР}} \cdot \Theta_P = A_{\text{ПР}} \cdot k_{\text{ПР}} \cdot (0,5 \cdot (t_{\text{вх}} + t_{\text{вих}}) - t_{\text{ВН}})$$

Рівняння теплового балансу, з рішення якого визначається коефіцієнт теплопередачі опалювального приладу  $k_{\text{ПР}}$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°C), має вигляд:

$$G \cdot c \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}}) \cdot 60 / z = A_{\text{ПР}} \cdot k_{\text{ПР}} \cdot (0,5 \cdot (t_{\text{вх}} + t_{\text{вих}}) - t_{\text{ВН}})$$

$$k_{\text{ПР}} = G \cdot c \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}}) \cdot 60 / [z \cdot A_{\text{ПР}} \cdot (0,5 \cdot (t_{\text{вх}} + t_{\text{вих}}) - t_{\text{ВН}})],$$

де  $z$  – тривалість спостереження, хвилин.

Температуру повітря у приміщенні  $t_{\text{ВН}}$ , °C, вимірюють термометрами розширення, які розміщують на внутрішній стіні на відстані 1 м від зовнішньої стіни на висоті 1,5 метра від рівня підлоги, у дерев'яній ніші, суворо вертикально, та на поверхні опалювального приладу. Відхилення заміряної температури від нормативного значення 18–20°C не повинно перевищувати 1–2°C для житлових приміщень.

За необхідності більш точного виміру температури внутрішнього повітря, використовують термометри в кількості 9 штук, які розташовують у 3 місцях: 1) у внутрішньому куті приміщення на відстані 30 сантиметрів від стіни, що примикає; 2) у зовнішньому куті приміщення на відстані 30 сантиметрів від стіни; 3) у центрі приміщення. У кожному місці їх розташовують у 3 точках: 1) на відстані 10 сантиметрів від підлоги; 2) на відстані 150 сантиметрів від підлоги; 3) на відстані 15 сантиметрів від стелі.

Температури води на вході й виході з опалювальних приладів  $t_{\text{вх}}$ ,  $t_{\text{вих}}$ , °C, визначають за допомогою термометрів ТІ 17, ТІ 18, ТІ 19, ТІ 20, ТІ 21, ТІ 22, ТІ 23, ТІ 24, ТІ 25, ТІ 26, ТІ 27, ТІ 28. Регулювання витрати теплоносія в опалювальних приладах здійснюють за допомогою відповідних вентилів. Воду з опалювальних приладів 20, 21, 22, 23, 28, 29 по трубопроводу видаляють до мірного баку за допомогою якого визначають обсяги, масу, витрати теплоносія.

Етапи виконання лабораторної роботи з визначення коефіцієнту теплопередачі опалювальних приладів наступні.

1. Для наповнення системи опалення водою з трубопроводу системи холодного водопостачання повністю відкрити вентиля 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 30 та повністю закрити вентиля 9, 36, 42, 49, 50, 51, 52, 55, 57, 58, 59, 60, 61.

2. Включити до системи опалення опалювальний прилад 20 відкриттям вентилів 31, 32, 33.

3. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 21, 22, 23, 28, 29 закриттям вентилів 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 48.

4. Визначити температури теплоносія на вході та виході з опалювального приладу 20 за показами термометрів ТІ 17, ТІ 18.

5. Видалити воду з опалювального приладу 20 до мірного баку відкриттям вентиля 43.

6. Включити до системи опалення опалювальний прилад 21 відкриттям вентилів 31, 34, 35.

7. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 20, 22, 23, 28, 29 закриттям вентилів 32, 33, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 48.

8. Визначити температури теплоносія на вході та виході з опалювального приладу 21 за показами термометрів ТІ 19, ТІ 20.

9. Видалити воду з опалювального приладу 21 до мірного баку відкриттям вентиля 43.

10. Включити до системи опалення опалювальний прилад 22 відкриттям вентилів 37, 38, 39.

11. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 20, 21, 23, 28, 29 закриттям вентилів 31, 32, 33, 34, 35, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 48.

12. Визначити температури теплоносія на вході та виході з опалювального приладу 22 за показами термометрів ТІ 21, ТІ 22.

13. Видалити воду з опалювального приладу 22 до мірного баку відкриттям вентиля 43.

14. Включити до системи опалення опалювальний прилад 23 відкриттям вентилів 37, 40, 41.

15. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 20, 21, 22, 28, 29 закриттям вентилів 31, 32, 33, 34, 35, 38, 39, 44, 45, 46, 47, 48.

16. Визначити температури теплоносія на вході та виході з опалювального приладу 23 за показами термометрів ТІ 23, ТІ 24.

17. Видалити воду з опалювального приладу 23 до мірного баку відкриттям вентиля 43.

18. Включити до системи опалення опалювальний прилад 28 відкриттям вентилів 44, 45, 46.

19. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 20, 21, 22, 23, 29 закриттям вентилів 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 47, 48.

20. Визначити температури теплоносія на вході та виході з опалювального приладу 28 за показами термометрів ТІ 25, ТІ 26.

21. Видалити воду з опалювального приладу 28 до мірного баку відкриттям вентиля 43.

22. Включити до системи опалення опалювальний прилад 29 відкриттям вентилів 44, 47, 48.

23. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 20, 21, 22, 23, 28 закриттям вентилів 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 45, 46.

24. Визначити температури теплоносія на вході та виході з опалювального приладу 29 за показами термометрів ТІ 27, ТІ 28.

25. Видалити воду з опалювального приладу 29 до мірного баку відкриттям вентиля 43.

Кожне спостереження слід здійснювати протягом 5 хвилин і повторювати не менш 3 разів.

При проведенні спостереження температури  $t_{вх}$ ,  $t_{вих}$ ,  $t_{вн}$  вимірюють кожної хвилини, а об'єм і масу води визначають один раз у кінці спостереження. Результати спостережень заносять в таблицю 3.

Після закінчення спостережень обчислюють середні значення за кожною графою таблиці для кожного спостереження.

Потім визначають середні значення величин з усіх проведених спостережень, які використовують для визначення коефіцієнта теплопередачі опалювального приладу  $k_{пр}$ .

Таблиця 3 – Результати спостережень

Тип опалювального приладу	Дійсна площа нагрівальної поверхні опалювального приладу $A_{пр}$ , $m^2$	№ спостереження	Тривалість спостереження $z$ , хвилин	Температури води на вході в опалювальний прилад $t_{вх}$ , $^{\circ}C$	Температури води на виході з опалювального приладу $t_{вих}$ , $^{\circ}C$	Температура внутрішнього повітря, $t_{вн}$ , $^{\circ}C$	Температурний напір, $\Theta_p$ , $^{\circ}C$	Об'єм води, $m^3$	Маса води, кг	Витрата теплоносія, $G$ , кг/секунду	Коефіцієнт теплопередачі опалювального приладу, $k_{пр}$ , $Вт/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$
20		1									
		2									
		3									
21		1									
		2									
		3									
22		1									
		2									
		3									
23		1									
		2									
		3									
28		1									
		2									
		3									
29		1									
		2									
		3									

## **Лабораторна робота № 5. Визначення величини охолодження теплоносія, об'єму води в трубопроводах і опалювальних приладах системи опалення**

Метою даної роботи є визначення величини охолодження теплоносія, об'єму води в трубопроводах і опалювальних приладах системи опалення.

Опалювальні прилади, приєднані паралельно до двотрубного стояка системи опалення, забезпечуються водою з температурою, відмінною від температури у подавальній магістралі на сумарне зниження температури води на ділянках подавального стояка від магістралі до опалювального приладу, що розраховується. Розрахунковий температурний напір  $\Theta_p, ^\circ\text{C}$  на поверхні опалювального приладу двотрубною системою опалення визначається з урахуванням охолодження води у відкрито прокладених транзитних подавальних трубопроводах за формулою:

$$\Theta_p = 0,5 \cdot (t_{\text{вх}} + t_{\text{вих}}) - \Delta t_{\text{ост}} - t_{\text{вн}},$$

де  $t_{\text{вх}}, t_{\text{вих}}$  – розрахункові температури води,  $^\circ\text{C}$ , у подавальному та зворотному трубопроводах системи опалення;  $t_{\text{вн}}$  – розрахункова температура,  $^\circ\text{C}$  у внутрішнього повітря;  $\Delta t_{\text{ост}}$  – зниження температури води на 1 метр довжини подавального трубопроводу системи водяного опалення зі штучною циркуляцією,  $^\circ\text{C}$ .

Основними етапами визначення величини охолодження теплоносія у водяній двотрубною системою опалення з насосною циркуляцією теплоносія з електричним котлом в якості джерела теплоти є наступні.

1. Відключити систему гарячого водопостачання шляхом закриття вентилів 55, 58, 59, 60, 61, 62.

2. Заповнення системи опалення водою здійснюють через зворотну лінію з випусканням повітря з повітрозбірників опалювальних приладів. З цією метою слід повністю відкрити вентилі 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51 та повністю закрити вентилі 9, 43, 50, 52, 57. Систему опалення рахують заповненою водою у разі повного видалення повітря з автоматичного відвідника повітря 53 у верхній точці системи опалення. Слід також видалити повітря з опалювальних приладів 20, 21, 22, 23, 28, 29 шляхом відкриття їх відхідників повітря. Після заповнення системи опалення водою слід закрити вентиль 10.

3. Виміряти температуру теплоносія у подавальному трубопроводі на виході з електричного котла за допомогою термометра ТІ 3. Виміряти температуру теплоносія у подавальному трубопроводі системи опалення після змішувального насоса за допомогою термометра ТІ 12. Виміряти температуру теплоносія у зворотному трубопроводі системи опалення перед електричним котлом за допомогою термометра ТІ 2.

4. Виміряти температури теплоносія на вході до опалювальних приладів 20, 21, 22, 23, 28, 29 за допомогою відповідних термометрів ТІ 17, ТІ 19, ТІ 21, ТІ 23, ТІ 25, ТІ 27.

5. Визначити довжину трубопроводів системи водяного опалення від точки ТІ 12 до точок ТІ 17, ТІ 19, ТІ 21, ТІ 23, ТІ 25, ТІ 27.

Кожне спостереження слід здійснювати протягом 5 хвилин і повторювати не менш 3 разів.

Результати спостережень заносять в таблицю 4. Після закінчення спостережень обчислюють середні значення за кожною графою таблиці для кожного спостереження. Потім визначають середні значення величин з усіх проведених спостережень, які використовують для визначення величини охолодження теплоносія.

Таблиця 4 – Результати спостережень

Ділянка	Довжина ділянки, м	№ спостереження	Температури теплоносія за показами термометрів, °C								Δt <sub>ост</sub> , °C	Δt <sub>ост</sub> , °C/м
			ТІ 12	ТІ 17	ТІ 19	ТІ 21	ТІ 23	ТІ 25	ТІ 27			
ТІ 12 – ТІ 17		1										
		2										
		3										
ТІ 12 – ТІ 19		1										
		2										
		3										
ТІ 12 – ТІ 21		1										
		2										
		3										
ТІ 12 – ТІ 23		1										
		2										
		3										
ТІ 12 – ТІ 25		1										
		2										
		3										
ТІ 12 – ТІ 27		1										
		2										
		3										

У водяній двотрубній системі опалення з насосною циркуляцією теплоносія з електричним котлом в якості джерела теплоти повинен бути встановлений розширювальний бак, розрахований на збільшення об'єму теплоносія при нагріванні. Місткість закритого розширювального бака системи опалення визначають з урахуванням його місцезнаходження та місткості системи опалення. Хибний вибір місткості баку може стати причиною аварії. Місткість закритого розширювального бака повинна складати не менше 10% місткості системи водяного опалення.

Для наповнення системи опалення водою з трубопроводу системи холодного водопостачання слід повністю відкрити вентилі 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51 та повністю закрити вентилі 9, 43, 50, 52, 55, 57, 58, 60. Систему опалення рахують заповненою водою у разі повного видалення повітря з автоматичного відвідника повітря у верхній точці системи опалення. Для видалення води з системи опалення слід повністю відкрити вентилі 9, 43, 50, 52, 57 та повністю закрити вентиль 10. Видалену з системи опалення воду зливають у мірний бак,

визначають місткість системи водяного опалення. Таке наповнення та спорожнення системи опалення водою повторити 3 рази.

Таблиця 5 – Визначення обсягу води в системі опалення та місткості закритого розширювального бака

№ спостереження	Початкове значення обсягу води у мірному баку, м <sup>3</sup>	Кінцеве значення обсягу води у мірному баку, м <sup>3</sup>	Обсяг води в системі опалення, м <sup>3</sup>
1			
2			
3			

Визначення величини об'єму води в опалювальних приладах системи опалення. Воду з опалювальних приладів 20, 21, 22, 23, 28, 29 по трубопроводу видаляють до мірного баку за допомогою якого визначають обсяги теплоносія.

1. Для наповнення системи опалення водою з трубопроводу системи холодного водопостачання повністю відкрити вентиля 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 30 та повністю закрити вентиля 9, 36, 42, 49, 50, 51, 52, 55, 57, 58, 59, 60, 61.

2. Включити до системи опалення опалювальний прилад 20 відкриттям вентилів 31, 32, 33.

3. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 21, 22, 23, 28, 29 закриттям вентилів 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 48.

4. Видалити воду з опалювального приладу 20 до мірного баку відкриттям вентиля 43.

5. Включити до системи опалення опалювальний прилад 21 відкриттям вентилів 31, 34, 35.

6. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 20, 22, 23, 28, 29 закриттям вентилів 32, 33, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 48.

7. Видалити воду з опалювального приладу 21 до мірного баку відкриттям вентиля 43.

8. Включити до системи опалення опалювальний прилад 22 відкриттям вентилів 37, 38, 39.

9. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 20, 21, 23, 28, 29 закриттям вентилів 31, 32, 33, 34, 35, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 48.

10. Видалити воду з опалювального приладу 22 до мірного баку відкриттям вентиля 43.

11. Включити до системи опалення опалювальний прилад 23 відкриттям вентилів 37, 40, 41.

12. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 20, 21, 22, 28, 29 закриттям вентилів 31, 32, 33, 34, 35, 38, 39, 44, 45, 46, 47, 48.

13. Видалити воду з опалювального приладу 23 до мірного баку відкриттям вентиля 43.

14. Включити до системи опалення опалювальний прилад 28 відкриттям вентилів 44, 45, 46.



15. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 20, 21, 22, 23, 29 закриттям вентилів 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 47, 48.

16. Видалити воду з опалювального приладу 28 до мірного баку відкриттям вентиля 43.

17. Включити до системи опалення опалювальний прилад 29 відкриттям вентилів 44, 47, 48.

18. Відключити від системи опалення опалювальні прилади 20, 21, 22, 23, 28 закриттям вентилів 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 45, 46.

19. Видалити воду з опалювального приладу 29 до мірного баку відкриттям вентиля 43.

Результати спостережень заносять в таблицю 6.

Після закінчення спостережень обчислюють середні значення за кожною графою таблиці для кожного спостереження.

Таблиця 6 – Визначення об'єму водив опалювальних приладах

Тип опалювального приладу	№ спостереження	Початкове значення обсягу води у мірному баку, м <sup>3</sup>	Кінцеве значення обсягу води у мірному баку, м <sup>3</sup>	Обсяг води в опалювальному приладі, м <sup>3</sup>
20	1			
	2			
	3			
21	1			
	2			
	3			
22	1			
	2			
	3			
23	1			
	2			
	3			
28	1			
	2			
	3			
29	1			
	2			
	3			

### **Лабораторна робота № 6. Регулювання тепловіддачі опалювальних приладів за допомогою термостатичних клапанів**

Метою даної роботи є ознайомлення з принципами регулювання тепловіддачі опалювальних приладів систем водяного опалення за допомогою термостатичних клапанів.

Найефективнішим способом економії теплоти в системах водяного опалення є ручне або автоматичне регулювання тепловіддачі опалювальних приладів за допомогою індивідуальних регуляторів, які встановлюються на них.

За такого способу регулювання корисно використовують для економії теплоти на опалення надходження теплоти в приміщення від людей, побутових приладів, електричного освітлення, сонячної радіації, враховують вплив вітру. Таким чином, можна незалежно і якнайповніше реагувати на зміни теплової обстановки в окремих приміщеннях будівель. Застосування індивідуальних автоматичних терморегуляторів на опалювальних приладах дозволяє економити до 20% теплоти.

На конвекторах з кожухом типу «Комфорт – 20» і «Універсал – 20» є можливість регулювання їх тепловіддачі за допомогою повітряного клапана.

Термостатичний клапан має 2 основних елементи: 1) термостат, 2) регулюючий клапан. Термостатичний елемент є датчиком з сильфоном. Датчику задають певну температуру внутрішнього повітря поворотом головки на шкалі настройки. За виносного датчика чутливий елемент може бути віддалений від регулюючого клапана на 1,5 метра.

Принцип роботи термостатичних клапанів полягає в тому, що за зміни температури повітря в приміщенні температурний датчик реагує зміною умов тепловіддачі опалювального приладу. Регулювання температури повітря в приміщенні відбувається шляхом зміни витрати теплоносія через опалювальний прилад, яку здійснюють за рахунок пересування штоку клапана сильфоном. Чутливий елемент термостата являє собою ємність, заповнену речовиною з високим коефіцієнтом об'ємного розширення (автоматично змінюють свій об'єм навіть при незначній зміні температури повітря, що оточує сильфон). Під впливом температури повітря відбувається стиснення або розширення сильфона, який діє на шток, закриваючий або відкриваючий клапан. Відповідно змінюється обсяг рідини для приводу приладу. За підвищення температури повітря в опалювальному приміщенні вище заданого значення частина рідини випаровується, тиск в порожнині датчика збільшується, сильфон стискається, що викликає переміщення штока, яке передається на корпус клапана. В результаті прохідний перетин отвору регулюючого органу зменшується, що викликає зниження витрати теплоносія, який надходить до опалювального приладу, що призводить до зниження температури повітря в приміщенні. Коли зусилля пружини настройки урівноважиться тиском в порожнині датчика то рух конуса клапана припиниться.

Речовина, що заповнює термостатичний елемент має вельми суттєве значення. Газонаповнені сильфони мають значний хід штоку клапана, забезпечують максимальний приріст робочого об'єму сильфону й робочий хід штоку клапана на 1°C. При зниженні температури на 1°C відносно заданої на термостатичному елементі конус клапана з газовим наповнювачем підіймається вище, ніж у випадку з рідиною, мастилом чи парафіном. Більший хід штоку клапана на 1°C дає більш точні характеристики регулювання, більшу пропускну здатність клапана, забезпечує менше засмічення клапана. Довговічність і температурна сталість визначають проміжок часу, протягом якого термостатичний клапан буде стабільно функціонувати з заданою точністю, без самочинного зміщення температурної настройки і без погіршення функціональних характеристик. Слід відзначити, що при конструктивному

виконанні чутливого елементу у вигляді сильфону тертя між рухливими частинами зведено до мінімуму, що збільшує довговічність та стабільність приладу у порівнянні з поршневими. Термостат автоматично порівнює реальне виміряне значення температури із заданим і змінює пропорційно до відхилення від заданого значення ступінь закриття вентиля. За рахунок цього змінюється витрата теплоносія через опалювальний прилад і, відповідно, витрати теплоти в приміщенні (рис. 2, 3).

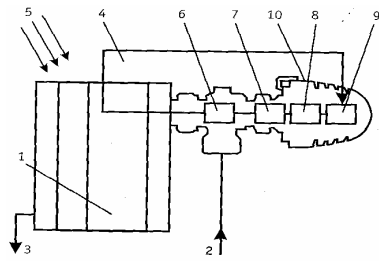


Рис. 2 – Схема роботи термостатичного клапана:

*1 – опалювальний прилад; 2 – подача теплоносія до опалювального приладу; 3 – вихід теплоносія з опалювального приладу; 4 – приміщення, де регулюють температуру повітря; 5 – збуджуючі фактори, що впливають на зміну температури в приміщенні; 6 – вентиль; 7 – привід вентиля; 8 – регулятор; 9 – датчик; 10 – задавач температури*

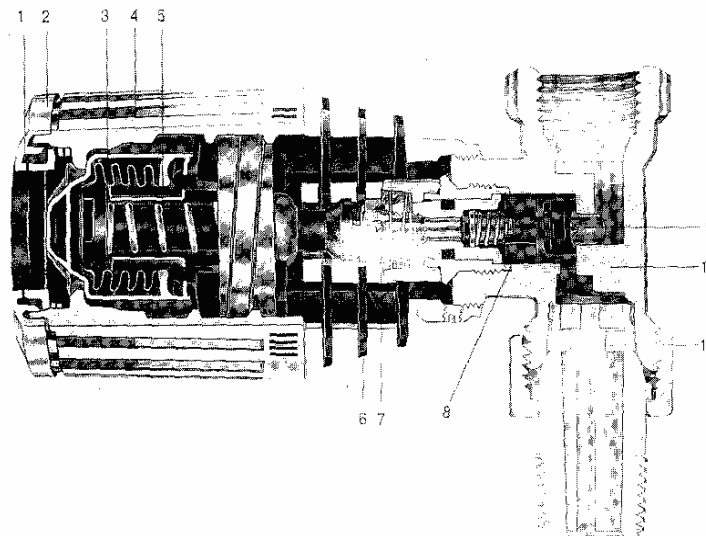


Рис. 3 – Термостатичний клапан:

*1 – обмежувальні кільця; 2 – термостатичний датчик; 3 – сильфон; 4 – шкала настроювання; 5 – пружина настроювання; 6 – натискний штифт; 7 – ущільнююче кільце; 8 – дроселюючий циліндр; 9 – конус клапана; 10 – корпус клапана; 11 – сопло*

Основними технічними характеристиками термостатичних клапанів є: ДУ, мм; діапазон настроювання, °С; максимальний робочий тиск, МПа; максимальна температура, °С; поріг нечутливості, °С; коефіцієнт гідравлічного опору; строк служби, років; маса, кг; габарити (довжина×ширина×висота), мм.

За конструкцією термостатичні клапани є прохідними, кутовими та триходовими. Прохідні термостатичні клапани, що встановлюють на підводці

до опалювального приладу, регулюють витрату теплоносія через нього від найбільшого значення до нуля. У прохідних термостатичних клапанах для двотрубних систем опалення передбачають попереднє налагодження, для однотрубних – не передбачають. Кутові термостатичні клапани, що встановлюють на повороті підводки до опалювального приладу, регулюють витрату теплоносія від нуля до максимального значення. Їх виготовляють як з попереднім налагодженням, так і без нього. Триходові термостатичні клапани, призначені для однотрубних систем опалення, встановлюють в точці під'єднання підводки до обхідної ділянки. Вони пропускають крізь себе всю витрату стояка (суму витрат через опалювальний прилад та обхідну ділянку). За розрахункового режиму триходовий термостатичний клапан спрямовує всю витрату теплоносія через опалювальний прилад. Відповідно до умов роботи в системах з різними гідравлічними опорами термостатичні клапани виготовляють підвищеного опору з попереднім налагодженням для двотрубних насосних систем опалення і пониженого опору для двотрубних насосних та гравітаційних систем опалення.

Європейський стандарт вимог до термостатичних клапанів має такі показники: гистерезис за номінальної витрати –  $\max 1\text{ K}$ ; вплив перепаду тиску –  $\max 1\text{ K}$  (10 кПа на 60 кПа); вплив статичного тиску –  $\max 1\text{ K}$  (100 кПа на 1000 кПа); вплив температури навколишнього середовища за термостатичних клапанів з подовженими трубками –  $\max 1,5\text{ K}$ ; вплив температури води в подавальному трубопроводі за її зміні на 30 K –  $\max 1,5\text{ K}$  (за встановлення головки безпосередньо на вентилях) і  $0,75\text{ K}$  – за виносного датчика.

Недоліки автоматичних термостатичних клапанів для опалювальних приладів: вони вимагають акуратної експлуатації та обережного поводження; для їх настройки потрібні час і професійні навички; теплоносій має бути чистим і не містити багатьох солей для уникнення засмічення зазорів приладу і виходу його з ладу.

Автоматичні термостатичні клапани цілком можна використовувати в централізованих системах опалення за встановлення певного тиску в зворотній магістралі та очищення теплоносія, що можна здійснити при улаштуванні теплообмінника. Слід зазначити, що встановлення термостатичних клапанів обумовлює гарні результати з економії енергії та комфорту лише за витрати води через опалювальний прилад біля 100% від розрахункового значення. Інакше за надлишкової витрати не буде плавного регулювання температури оскільки клапани працюватимуть у режимі «відкрито – закрито», а за недостатньої витрати теплоносія клапани будуть весь час відкритими і потрібна температура ніколи не буде досягнута.

Розглянемо більш детально термостатичні клапани фірми «Данфосс», які є одними з ключових приладів для забезпечення енергозбереження і теплового комфорту в приміщеннях будівель. Вони відзначаються надійністю, довговічністю (строк служби більше 20 років), широтою застосування, зручністю монтажу, температурною сталістю. Їх конструкція надає можливість попередньої настройки витрат теплоносія, що дозволяє здійснювати гідравлічну настройку системи опалення після монтажу. Вони автоматично підтримують

задану споживачем температуру повітря в приміщенні, для цього слід встановити необхідну температуру в діапазоні, як правило, від 6 до 26°C. Це забезпечує заданий рівень комфорту та економію теплоти на опалення до 20%.

Термостатичні клапани фірми «Данфосс» представлені в різноманітному конструктивному виконанні. Є клапани для одно (тип RTD-G) і двотрубних (тип RTD-N) систем опалення, прямої та кутової конфігурації, для нижнього і стінового підключення опалювальних приладів, латунні та нікельовані. Термостатичні елементи представлені у стандартному виконанні, з обмеженням максимальної температури, з виносними датчиками та виносним регулюванням. Попередня настройка може бути обрана в діапазоні цифр на кільці насадки від 1 до 7 з кроком 0,5, що надає можливість задавати 14 різних значень для кожного клапана.

Термостатичні клапани фірми «Данфосс» є антивандальними пристроями. Захист від несанкціонованого зняття та пошкодження термостатичного елемента, а також від зміни встановленої настройки витрати теплоносія здійснюють декількома способами. Перший – кільце попередньої настройки сховане під встановленим термостатичним елементом і не проглядається; щоб не припустити зняття термостатичного елемента використовують потайний гвинт в з'єднувальній гайці, котрий неможливо демонтувати без спеціального інструменту. Другий – використання спеціального пластикового кільця, що фіксує попередню настройку і є одночасно охоронною пломбою. Ці два способи можна використовувати як разом, так й окремо.

Можливість заміни сальника без зливу води з трубопроводу є вимогою європейського стандарту EN 215. Заміна сальника термостатичного клапана «Данфосс» виконують викручуванням його з корпусу за допомогою спеціального інструменту. Загалом, сальник замінюють 1 раз на 10 років.

Є спеціальна версія термостатичних клапанів «Данфосс», що адаптована для країн Східної Європи. Це викликано, в першу чергу, низькою якістю теплоносія в системах водяного опалення, крім того, опалювальне обладнання виробництва Західної Європи не завжди можна використовувати в Україні без урахування її специфіки. Тому є важливим, щоб опалювальна техніка була адаптована до умов експлуатації конкретної країни.

Залежно від типу реагування на зміну температури в приміщенні та способу передачі її заданого значення термостатичні клапани виготовляють в різних виконаннях: з вбудованим або виносним датчиком, з передачею імпульсу на відстань, із захистом від механічного пошкодження, з дистанційним регулюванням. Варіанти чутливих елементів термостатичних клапанів типу RTD фірми «Данфосс» наведено в таблиці 7.

Таблиця. 7 – Варіанти чутливих елементів термостатичних клапанів типу RTD

Тип	Опис моделі	Довжина капілярної трубки, м	Діапазон температур, °C
RTD 3640	Вмонтований датчик	-	6 – 26
RTD 3642	Дистанційний датчик	0 – 2	
RTD 3120	Захист від невірної установки, вмонтований датчик	-	
RTD 3650	Обмеження максимальної температури, вмонтований датчик	0 – 2	6 – 21
RTD 3652	Обмеження максимальної температури, дистанційний датчик		
RTD 3562	Елемент дистанційної наладки	2	8 – 28
RTD 3565		5	
RTD 3568		8	

Розглянемо більш детально термостатичні клапани фірми «Герц» (Австрія). Є наступні конструкції термостатів: Герц-Термостат, Герц-Дизайн-Термостат, Герц-Дизайн-Термостат «Міні», Герц-Термостат з дистанційним керуванням, Герц-Дизайн-Термостат з дистанційним керуванням, Герц-Термостат з виносним датчиком дистанційного керування, Герц-Термостат у масивному виконанні (з захистом від вандалізму, крадіжки, некомпетентного втручання, монтаж і демонтаж можливі лише за допомогою спеціального інструменту), електронний Герц-ЕТК.

Термостатичні головки виготовляють суцільним кокільним литтям вручну, для підвищення стійкості до впливу зовнішнього середовища латунні вироби нікелюють. Термостатичні головки сумісні з усіма клапанами «Герц», мають рідинні датчики з обмеженням і блокуванням діапазону регулювання, з захистом від низьких температур до -6°C. Діапазон регулювання температури повітря в приміщенні 6 – 28°C. Термостатичні головки виконують у двох варіантах: «STANDART» (класичний), «DESIGN» (модерн).

Термостатичні клапани «Герц» є надійними, довговічними, естетичними, зручними в монтажі, точними в регулюванні.

Є такі види термостатичних клапанів: для двотрубних систем опалення Герц-TS-90 (DN 15, 20, 25 мм) і Герц-TS-90-V (DN 15, 20 мм) з попередньою настройкою; для однокотрубних систем опалення Герц-TS-E (DN 15, 20, 25 мм); триходові CALIS-TS (DN 15, 20 мм); чотирьохходові.

Термостатичні чотирьохходові клапани є з одно місцевим підключенням «знизу» – модель Герц VUA-40 (DN 15 мм) і «знизу-збоку» – модель Герц-VTA-40 (DN 15 мм). Ланцетну трубку встановлюють безпосередньо в опалювальний прилад. Можливе виконання клапана для однокотрубних і двотрубних систем водяного опалення. Існують дві конструкції клапана – прохідний і кутовий для можливого приєднання «знизу» чи «із стіни». Радіаторний з'єднувач разом з трубкою виконаний з ущільненням за площею, що значно спрощує монтаж. Можливе з'єднання з каліброваними трубами з м'якої сталі, міді чи пластмаси. Гвинт для запирання і регулювання разом з гідравлічною настройкою робить можливим запирання опалювального

приладу. За закритого клапана можливий демонтаж приладу без зливання води з системи опалення.

Гарнітур підключення Герц-2000 (рис. 4) використовують для точного регулювання і оптимального розподілу теплоносія через радіатор з метою забезпечення комфорту і економного використання теплоти. Декілька окремих елементів створюють багато комбінацій для кожної області використання в одно і двотрубних системах опалення. Герц-2000 складається з термостатичного клапана Герц-TS, з'єднувальної трубки і байпаса. Термостатичні клапани існують в різному конструктивному виконанні – прохідні, кутові, триосьові нікельовані. Довжина з'єднувальної трубки може бути призначена відповідно до висоти радіатора. Гарнітур підключення встановлюють з одного боку радіатора, термостатичний клапан – зверху, байпас – знизу. Гарнітур легко приєднується до радіатора за допомогою з'єднувачів. Залежно від моделей приєднання до труб забезпечують за допомогою трубного з'єднувача для каліброваних труб з м'якої сталі, міді чи пластмаси.



Рис. 4 – Вузол підключення Герц-2000 для однокотлових систем опалення

В моделі для однокотлових систем розподіл витрат теплоносія здійснюється таким чином: 50% до радіатора, 50% через байпас.

Модель для двотрубних систем за допомогою гвинта для регулювання і запирання дозволяє виконувати регулювання витрати теплоносія.

Сідло запираючого конуса виготовлене з металевим ущільненням, що гарантує просте технічне обслуговування. Ущільнення шпінделя термостатичного клапана виконане у вигляді гумового кільця.

Вузол підключення Герц-3000 призначений для приєднання радіаторів з вмонтованими клапанами і для радіаторів з підключенням «знизу» в одно чи двотрубних системах опалення. Вузол підключення Герц-3000 виготовляють у декількох модифікаціях: а) з байпасом, настройкою, запиранням, зливом і наповненням; б) двобічним запиранням, зливом і наповненням; в) з двобічним запиранням; г) з вмонтованим термостатичним клапаном для радіаторів з підключенням «знизу». Існують також і окремо під'єднувальні вентилі Герц-3000 у двох виконаннях: а) з запиранням, зливом і наповненням; б) з настройкою, запиранням, зливом і наповненням.

Усі елементи вузла підключення Герц-3000 нікельовані. Системи виготовляють у прохідній і кутовій формі, що дає можливість підключення трубопроводів «знизу» чи «із стіни». Радіатор приєднують за допомогою накидних гайок з ущільненням за площиною чи ніпелем. Окремо під'єднувальні вентилі мають радіаторні з'єднувачі, які вгвинчують

безпосередньо в опалювальний прилад. Можливе приєднання до каліброваних труб з м'якої сталі, міді чи пластмаси. Моделі з універсальними муфтами для приєднання до труб з різьбою виконані у вигляді затискувачів. Байпас можна за допомогою регулюючого шпинделя пере настроїти з режиму роботи в однетрубній системі на режим роботи в двотрубній системі. Витрата теплоносія через радіатор коливається від 30% до 50% загального потоку. Сідло регулюючого шпинделя виконане з металевим ущільненням, а з зовнішнього боку ущільнення виконане у вигляді гумового кільця. Це гарантує надійне і легке технічне обслуговування. У моделях з можливістю зливу і наповнення злив відкривається при закритому гвинті муфти підключення шланга.

### **Лабораторна робота № 7. Визначення природного та насосного тиску теплоносія, середнього орієнтовного значення питомої втрати тиску в системі водяного опалення**

Метою даної роботи є визначення природного та насосного тиску теплоносія, середнього орієнтовного значення питомої втрати тиску в водяній двотрубній системі опалення з насосною циркуляцією теплоносія з електричним котлом в якості джерела теплоти.

Примусове переміщення теплоносія у системах водяного опалення здійснюють під впливом різниці тисків у подавальному та зворотньому трубопроводах системи. Різниця тисків визначається необхідною швидкістю теплоносія і припустимим гідравлічним опором, що виникає за його руху по системі опалення. Діаметри трубопроводів приймають за припустимими швидкостями руху рідини.

Основними характеристиками насосів є: 1) продуктивність (подача)  $Q$  – обсяг рідини, що проходить через насос в одиницю часу (від десятих часток до десятків тисяч  $\text{м}^3/\text{годину}$ ); 2) напір – висота стовпа рідини, еквівалентна тиску, що створює насос (від десятих часток до 100 МПа); 3) корисна потужність  $N_{\text{п}}$  (від 0,1 до декількох МВт), що передається насосом рідині.

Повний напір насоса визначають висотою, на яку слід підняти рідину до напірного резервуара з приймального резервуара, різницею тисків у цих резервуарах, потрібною швидкістю рідини на виході з системи і гідравлічним опором трубопроводів системи. Орієнтовно напір визначають за показниками манометрів  $H = (P_{\text{к}} - P_{\text{н}})/\rho \cdot g$ .

Кавітаційний запас – це надлишок напору  $\Delta H$  порівняно з повним напором для забезпечення експлуатації насоса без кавітації (гідравлічних ударів, що супроводжуються шумом і вібрацією).  $N_{\text{п}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H / 1000$ .

Потужність на валу насоса  $Q$  (Вт) – це підведена від двигуна або споживана насосом потужність.  $N = N_{\text{п}} + \Delta N$ , де  $\Delta N$  – втрати потужності на подолання гідравлічних опорів, внутрішній рух рідини через ущільнення, на тертя. Коефіцієнт корисної дії  $\eta$  – це відношення  $N_{\text{п}} / N$ . На практиці  $\eta = 0,6 - 0,9$ , але він буває і нижчим.  $N = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H / (1000 \cdot \eta)$ . Розрізняють також коефіцієнт корисної дії об'ємний, гідравлічний, механічний, повний.



Залежності між основними параметрами насосів, як правило, представляють у виді графіків, названих характеристиками (криві  $H - Q$ ,  $N - Q$ ,  $\eta - Q$ ,  $H - \Delta H$ ,  $N - \Delta H$  та інші). Розрізняють теоретичні характеристики, отримані на основі математичного аналізу залежностей між параметрами, і дійсні характеристики, отримані обробкою результатів випробувань реальних насосів. Кожен насос має власні характеристики, отримані на стендових випробуваннях. Характеристики визначають енергетичні показники та марки насосів, дають представлення про їхню усмоктувальну здатність, дозволяють встановлювати режими роботи: оптимальний режим (експлуатація при найбільшому коефіцієнті корисної дії), номінальний режим (на заданому рівні підтримуються робочі параметри, досягається стійке функціонування пристрою). Особливу увагу при технічній експлуатації насосів приділяють зниженню його шуму за допомогою спеціальних заходів. Для підбора циркуляційного насоса слід визначити потрібну подачу та розрахунковий тиск. За типового проектування втрати напору приймають за характеристиками насосів з довідкової літератури. За підключення системи опалення до теплових мереж напір насоса визначають за відповідними формулами.

Насоси систем теплопостачання використовують в якості: циркуляційних, працюючих у замкнутому контурі (вони воду не піднімають, а тільки її переміщують); мережних; підживлювальних; підкачувальних; підвищувальних; змішувальних; дренажних; конденсатних; перед включених для створення підпору в усмоктувальному патрубку живильних насосів; мастильних для систем змащення.

Насос встановлюють, як правило, на обвідній лінії з відкритою запірною арматурою для його регулювання, а у випадку відключення електроенергії для підтримання природної циркуляції води. Встановлюють зворотний клапан, який перешкоджає рухові рідини в протилежному напрямку через непрацюючий насос. Для створення циркуляції води в замкнутому контурі місце розташування насоса не має значення, але його рекомендують встановлювати в загальну зворотну магістраль для підвищення терміну служби насоса.

У водяних системах опалення найбільшого розповсюдження набули безфундаментні циркуляційні насоси з так званим «мокрим» ротором (рис. 5). В цих насосах ротор обертається в середовищі теплоносія на підшипниках ковзання, які змащуються під час роботи тонкою водяною плівкою теплоносія, ротор ніби плаває у воді, при цьому осі підшипників точно співпадають. В насосах з «мокрим» ротором використовують голчасті підшипники з міцного зносостійкого матеріалу або керамічні, що надає змогу встановлювати насоси безпосередньо на трубопроводах без віброізоляції на різьбовому або фланцевому з'єднанні та практично повністю позбутися вібрації та шуму.

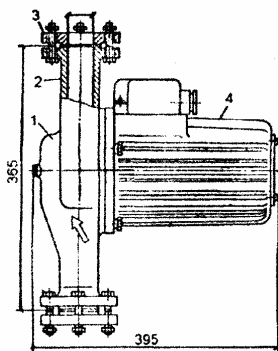


Рис. 5 – Циркуляційний насос WILO:

*1 – корпус; 2 – напірний патрубок;*

*3 – всмоктувальний патрубок ; 4 – електричний двигун*

Відцентровий водяний циркуляційний без фундаментний мало шумний моно блоковий насос (далі насос типу ЦВЦ) призначений для забезпечення циркуляції або змішування теплоносія, як правило, в системах опалення і гарячого водопостачання будівель. Конструкція є комбінацією одноступеневого насоса з радіальним робочим колесом і зануреного «мокрого» коротко замкнутого асинхронного електродвигуна із захищеним статором, виконаних в єдиному блоці. Обмотка статора електродвигуна відокремлена від теплоносія тонкостінною гільзою з немагнітного металу. Коротко замкнутий ротор обертається в підшипниках ковзання безпосередньо в середовищі, що перекачується і є змащенням для підшипників. Робоче колесо встановлюють консольно на валу електродвигуна. Теплоносій, що перекачується, надходить через всмоктувальний патрубок спірального відводу до робочого колеса і подається в нагнітальний патрубок. Всмоктувальний і нагнітальний патрубки мають одну вісь. Напрямок обертання робочого колеса і руху теплоносія позначені відповідними стрілками на корпусі насоса. Насоси мають ніпельне або фланцеве виконання, працюють від трифазної електромережі напругою 380 В (усі типові розміри) або однофазної електромережі напругою 220 В (малі типові розміри) з частотою 50 Гц. Позначення насоса: Ц – відцентровий, В – водяний, Ц – циркуляційний; перша цифра – витрата номінальна, м<sup>3</sup>/годину, друга цифра – тиск за номінальної витрат, м. вод. ст.

Насос працює за температури навколишнього середовища +5 – +40°C і відносної вологості не більше 80% за 20°C. Для зменшення впливу шуму вузли теплових введень при використанні насосів типу ЦВЦ слід за можливості розміщувати під нежилими приміщеннями. Насос встановлюють безпосередньо на трубопроводі. При встановленні насоса слід забезпечити збіг осей підвідного та відвідного трубопроводів. Монтаж насоса слід здійснювати без натягу і перекосу трубопроводів. Незалежно від розташування трубопроводу вісь обертання електродвигуна насоса має бути обов'язково горизонтальною. Для усунення додаткових джерел шуму через збільшення швидкості руху теплоносія при застосуванні циркуляційних насосів слід ретельно виконувати з'єднання трубопроводів, не допускаючи утворення в них гострих кромek, нерівностей та інших зон зриву потоку. Для можливості заміни насоса по

обидва боки від нього слід встановити запірну арматуру (вентилі чи засувки). Підключення насоса до електромережі проводить через його клемну коробку. Для запобігання корозії елементів насоса і заклинювання рухомих частин при пуску після тривалої зупинки термін перебування насоса «без затоки» теплоносія має бути мінімально необхідним для виробництва ремонтних робіт. Для всієї решти випадків насос має знаходитися «під затокою».

Вода, що переміщує насос, має відповідати вимогам ГОСТ «Вода питна» відповідно до вказівок СНіП «Теплові мережі». Допускають вміст механічних домішок до 0,01% за масою з розміром часток до 0,05 мм.

Напрямок руху теплоносія і обертання робочого колеса мають співпадати із стрілками на корпусі насоса. Перевірку напрямку обертання здійснюють через пробку. Для запобігання забруднення насоса не слід встановлювати його у найнижчий точці системи трубопроводів, а перед ним рекомендують встановлення абонентських грязьовиків з дрібною сіткою. До монтажу насоса слід забезпечити безумовне виконання вимог з промивання змонтованої системи опалення перед її заповненням водою.

Основними елементами циркуляційних насосів, наприклад, WILO, GRUNDFOS, є корпус, робоче колесо з армованої пластмаси з високою міцністю і стійкістю до корозії, електродвигун з декількома швидкостями обертання, що забезпечують ступінчасту зміну продуктивності насоса (рис. 6).

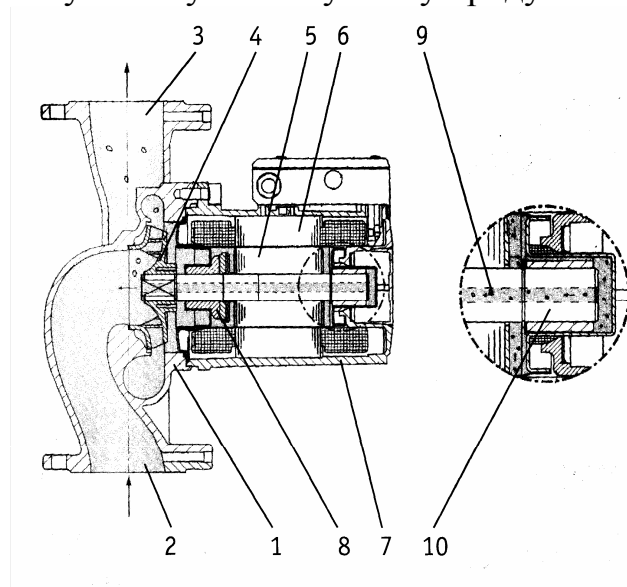


Рис. 6 – Циркуляційний насос WILO з «мокрим» ротором:

1 – корпус; 2 – всмоктувальний патрубок; 3 – напірний патрубок;  
4 – робоче колесо; 5 – ротор; 6 – статор; 7 – корпус двигуна; 8 – гільза;  
9 – отвір для видалення повітря; 10 – вал ротора

Особливу увагу заслуговують циркуляційні насоси з автоматичним регулюванням частоти обертання валу приладу, яка змінюється відповідно до необхідної витрати теплоносія, що надходить до системи опалення. Вони обладнані частотними регуляторами струму, що надає можливість підбирати режим їх роботи відповідно до гідравлічної характеристики системи та заощаджувати не тільки електричну, але й теплову енергію (економія до 40%

електроенергії і до 25% теплоти). Оснащені мікропроцесорною електронікою новітні моделі насосів автоматично змінюють тиск води, дистанційно передають дані про витрату теплоносія, потужність тощо. Переваги електронного керування насосом: регулювання кількості обертів електродвигуна залежно від обсягу споживаного теплоносія; відсутність пульсації тиску; плавний пуск і зупинка електродвигуна без частих включень і перевантажень, що значно подовжує термін його служби; здатність збільшувати тиск насоса на 30% на обмежений час не пошкоджуючи електродвигун; контроль «сухого ходу»; регулювання тиску насоса простим натисненням кнопки, розташованої на корпусі; здатність вимірювання тиску в трубопроводі і визначення причини його зміни (зокрема витоків води з системи опалення); значна економія електроенергії; відсутність необхідності застосування гідравлічних акумуляторів.

Серія насосів невеликої потужності WIL0-Spar-RS із чотирьох позиційним перемикачем частоти обертання двигуна замінена поліпшеною серією з три позиційним перемикачем частоти обертання. Будь-яка з 3 швидкостей обертання легко обирається простим поворотом перемикача червоного кольору, розташованого на передньому боці клемової коробки. Підключення насосу до електроенергійної мережі можливе як з лівого, так і з правого боку завдяки спеціальному виконанню клемової коробки. Форма корпусу насоса дає змогу монтувати його у будь-якому дозволеному положенні.

Насоси серії TOP-S є обладнанням середньої потужності, мають три позиційний перемикач частоти обертання двигуна, захисний теплоізоляційний кожух, зручну в керуванні клемову коробку, яка дозволяє приєднання додаткових модулів для розширення функціональних можливостей.

Насоси серій RP, P, D з максимальною частотою обертання двигуна 1400 обертів/хвилину є низько швидкісними та малошумними. Насоси серії D є одно швидкісними, а серій RP, P – чотирьох швидкісними. Їх застосовують у системах водяного опалення з невеликим гідравлічним опором, де потрібна висока продуктивність за низької швидкості теплоносія. Повільне обертання та відносно плавна робоча характеристика забезпечують насосам цих серій підвищений термін служби.

Для використання в сучасних регульованих системах водяного опалення із застосуванням термостатичних клапанів призначені насоси з електронним регулюванням кількості обертів серій E і TOP-E, які можуть плавно змінювати кількість обертів у значному діапазоні, миттєво автоматично налаштовуватися на певний гідравлічний опір системи опалення. Завдяки такій автоматизації роботи насоса виключається можливість виникнення шуму в трубопроводах системи опалення та максимально зменшується споживання електроенергії.

В системах водяного опалення, як правило, встановлюють два циркуляційних насоси. Один з них може бути резервним або вони можуть функціонувати по черзі, використовують послідовну або рівнобіжну монтажну схему розміщення насосів. Майже всі марки насосів мають, окрім стандартного, спарене виконання, яке рекомендують для застосування при резервуванні або підвищенні експлуатаційної надійності системи опалення. Для великих систем

водяного опалення та систем опалення будівель з підвищеними вимогами до якості теплопостачання для резервування використовують спарені безфундаментні циркуляційні насоси (рис. 7): один насос працює, а другий перебуває в резерві. За одночасного функціонування вони забезпечують пікове теплопостачання за суттєвого зниження температури зовнішнього повітря, коли система опалення працює при найбільших витратах теплоти.

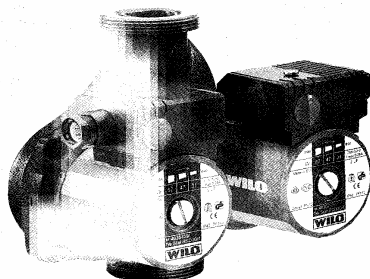


Рис. 7 – Спарений безфундаментний циркуляційний насос

Головною вимогою до використання циркуляційних насосів систем опалення є забезпечення стабільної електричної напруги з обов'язковим контуром заземлення. Застосування насосних систем опалення можливо тільки за умови надійного електропостачання.

Рух теплоносія в системах водяного опалення зумовлений циркуляційним тиском, який у системах з примусовою циркуляцією створюється тиском насоса (штучний) і тиском, що виникає внаслідок охолодження води в опалювальних приладах і трубопроводах системи (природний). При визначенні розрахункового циркуляційного тиску  $\Delta P_p$  у системі водяного опалення треба враховувати тиск, що створюється циркуляційним насосом  $\Delta P_n$ , та природний циркуляційний тиск у самій системі водяного опалення. Тобто  $\Delta P_p = \Delta P_n + \Delta P_{тр}$ .

У лабораторній установці використана схема приєднання електричного котла до системи водяного опалення зі змішувальним насосом, установленим на перемичці між подавальним і зворотним трубопроводами системи опалення. Тиск, що утворюється насосом, повинен дорівнювати утратам тиску в системі опалення, плюс невраховані утрати й утрати в самій перемичці. Тому насос слід добирати з 10% запасом за коефіцієнтом змішування.

Тиск  $\Delta P_n$ , кПа, циркуляційного насосу системи водяного опалення визначається за формулою:  $\Delta P_n = 1,1 \cdot (\Delta P_{со} - 0,4 \cdot \Delta P_{тр})$ ,

де  $\Delta P_{со}$  – утрата тиску, кПа, у системі опалення;  $\Delta P_{тр}$  – максимальний природний тиск, кПа, визначається за формулою:

$$\Delta P_{тр} = 10^{-3} \cdot g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot (H_{\max.пр.} - H_{ит}),$$

де  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – прискорення вільного падіння;  $\beta$  – середній приріст об'ємної маси води за її охолодження на  $1^\circ\text{C}$ , який у діапазоні температур теплоносія  $65 - 95^\circ\text{C}$  приймається рівним  $0,624 \text{ кг/(м}^3 \cdot \text{K)}$  (різниця щільності води у зворотному і подавальному трубопроводі системи опалення);  $\Delta t$  – розрахункова різниця температур води в подавальному та зворотному

трубопроводах системи опалення, °C;  $H_{\text{max.пр.}}$  – відмітка центру охолодження в опалювальному приладі, який найбільш віддалений за вертикаллю від джерела теплоти, м;  $H_{\text{ит}}$  – відмітка центру нагріву теплоносія у джерелі теплоти, м.

Визначити наявний природний та насосний тиск теплоносія в водяній двотрубній системі опалення з електричним котлом в якості джерела теплоти 3 рази за різних температур теплоносія. Визначити  $H_{\text{max.пр.}}$  – відмітку центра охолодження в опалювальному приладі, який найбільш віддалений за вертикаллю від джерела теплоти, м, та  $H_{\text{ит}}$  – відмітку центра нагріву теплоносія у джерелі теплоти, м. Відкрити вентилі 12, 13, 14, 15, 18, 19, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49 та повністю закрити вентилі 9, 10, 11, 50, 51, 52, 55, 57, 58, 59, 60, 61. Визначити різницю температур води  $\Delta t$  в подавальному та зворотному трубопроводах системи опалення, °C, за показами термометрів ТІ 12 та ТІ 1. Визначити утрати тиску в системі опалення  $\Delta P_{\text{со}}$ , кПа, за показами манометрів РІ 7 та РІ 6.

Експериментальне визначення середнього орієнтовного значення питомої втрати тиску  $R_{\text{сер}}$ , Па/м, для найбільш довгого циркуляційного кільця системи водяного опалення за формулою:  $R_{\text{сер}} = \Delta P_p / \Sigma L$ , де  $\Delta P_p$  – розрахунковий циркуляційний тиск, Па; тобто існуючий перепад тиску в системі опалення;  $\Sigma L$  – загальна довжина ділянок основного циркуляційного кільця, м.

Перед початком випробувань виміряти довжину  $\Sigma L$ .

Результати спостережень заносять в таблицю 8. Після закінчення спостережень обчислюють середні значення за кожною графою таблиці для кожного спостереження.

Таблиця 8 – Визначення природного та насосного тиску теплоносія, середнього орієнтовного значення питомої втрати тиску в водяній системі опалення

№ спостереження	Температури теплоносія за показами термометрів, °C		Тиск теплоносія за показами манометрів, кПа		$\Delta t, ^\circ\text{C} (T_{I12} - T_{I1})$	$\Delta P_{\text{тр}}, \text{Па}$	$\Delta P_{\text{со}}, \text{Па} (P_{I7} - P_{I6})$	$\Delta P_{\text{н}}, \text{Па}$	$\Delta P_{\text{р}}, \text{Па}$	$R_{\text{сер}}, \text{Па/м}$
	ТІ 12	ТІ 1	РІ 7	РІ 6						
1										
2										
3										

## Список використаних джерел

1. Абелешов В. І. Опалення: метод. вказівки до курсового проектування (для студ. 3 курсу денної і 4 курсу заочної форм навч. за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво», спеціальності «Міське будівництво і господарство», спеціалізації «Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель») / В. І. Абелешов; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2011. – 54 с.
2. Абелешов В. І. Опалення: метод. вказівки до практичних занять (для студ. 3 курсу денної і 4 курсу заочної форм навч. за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво», спеціальності «Міське будівництво і господарство», спеціалізації «Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель») / В. І. Абелешов; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2011. – 83 с.
3. Абелешов В. І. Опалення: метод. вказівки до самостійної роботи (для студ. 3 курсу денної і 4 курсу заочної форм навч. за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво», спеціальності «Міське будівництво і господарство», спеціалізації «Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель») / В. І. Абелешов; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2009. – 48 с.
4. Гершкович В. Ф. Пособие по проектированию систем водяного отопления к СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» / В. Ф. Гершкович. – К. : Укрархстройинформ, 2001. – 40 с.
5. Крупнов Б. А. Руководство по проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха / Б. А. Крупнов, Н. С. Шарафудинов. – Москва – Вена : ГЕРЦ Арматурен, 2006. – 217 с.
6. Покотилів В. В. Пособие по расчёту систем отопления / В. В. Покотилів. – Вена : фирма «HERZ Armaturen», 2006. – 145 с.
7. Опалення, вентиляція та кондиціонування: ДБН В.2.5-67:2013: затв. Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 25.01.2013:уведено вперше: чинні від 01.09.2013. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 167 с.

*Навчальне видання*

Методичні вказівки

до лабораторних робіт

з дисципліни

## **«ОПАЛЕННЯ»**

*(для студентів 3 курсу денної і 4 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво», спеціальності «Міське будівництво і господарство», спеціалізації «Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель»)*

Укладач **АБЄЛЄШОВ** Володимир Ілліч

Відповідальний за випуск *Д. О. Шушляков*

За авторською редакцією

Комп'ютерний набір *В. І. Абєлєшов*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2013, поз. 18 М

---

Підп. до друку 29.10.2013 р.  
Друк на ризографі  
Тираж 50 пр.

Формат 60x84/16  
Ум. друк. арк. 2,4  
Зам. №

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК №4705 від 28.03.2014